

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему **Оцінка ефективності функціонування системи
перевезень пасажирів Новобаварського району
м. Харкова**

Виконав: студент 2 курсу, групи М РозТранс 2024–1
спеціальності 275 «Транспортні технології (за
видами)», освітньо-наукова програма
«Розумний транспорт і логістика для міст»

Дречучев Д. В.

Керівник Куш Є. І.

Рецензент Давідюк Ю. О.

Харків — 2026 року

**Харківська національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова**

Навчально-науковий інститут Енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Спеціальність 275 «Транспортні технології»

(спеціалізація)

Освітньо-наукова програма «Розумний транспорт і логістика для міст»

(спеціалізація)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Куш Є. І.

20 26 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дремучеву Дмитру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка ефективності функціонування системи перевезень
пасажирів Новобаварського району м. Харкова

керівник роботи Куш Є. І., к.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» лютого 2026 року
№ 184-03.

2. Строк подання студентом роботи 15.05.2026

3. Вихідні дані до роботи характеристики функціонування маршрутної системи:
інсуючі траси маршрутів, режим роботи маршрутів, інтервали руху, місткість
транспортних засобів, карта об'єкта дослідження в адміністративних межах, політи
на пересування пасажирів, характеристика перегонів маршрутів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розвинути) Вступ. 1. Аналіз сучасного стану транспортної системи перевезення
пасажирів. 2. Формування пасажиропотоків на маршрутах перевезень пасажирів.

3. Оцінка ефективності функціонування системи перевезень пасажирів. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Гідготовка презентації у електронному вигляді за основними результатами
роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка на відповідність	інж. каф. ТС І. І. Готмачов І. О.		

7. Дата видачі завдання 01.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану транспортної системи перевезення пасажирів	01.03.2026	Вик.
2	Формування пасажиропотоків на маршрутах перевезень пасажирів	15.04.2026	Вик.
3	Оцінка ефективності функціонування системи перевезень пасажирів	15.05.2026	Вик.

Студент

Дремучев Д. В.

(підпис)

(підпис та ініціали)

Керівник роботи

Куш С. І.

(підпис)

(підпис та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: аркушів – 57, рисунків – 18, таблиць – 16,
додатків – 1, джерел в переліку посилань – 12.

Об'єкт дослідження: процес перевезень пасажирів.

Предмет дослідження: показники ефективності функціонування
маршрутної системи.

Мета роботи: оцінка ефективності функціонування системи перевезень
пасажирів Новобаварського району м. Харкова.

Методи дослідження: аналітичне та графічне представлення маршрутів,
розрахункові методи, графічне представлення пасажиропотоків, моделювання
маршрутної системи, табличне представлення результатів дослідження.

Отримані результати: проведена оцінка ефективності функціонування
системи перевезень пасажирів з використанням соціальних показників
технологічного процесу.

Рекомендації з впровадження: представлені соціальні показники
технологічного процесу перевезень пасажирів можуть бути використані в міських
пасажирських системах.

ТРАСУВАННЯ МАРШРУТІВ, МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕВІЗІВ ПАСАЖИРІВ,
МАТРИЦЯ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ, ЧАС ПОЇЗДКИ, ЗУПИНОЧНИЙ ПУНКТ,
КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕСАДНОСТІ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ.....	7
1.1. Аналіз основних етапів моделювання системи перевезень пасажирів	7
1.2. Створення моделі маршрутної мережі Новобаварського району м. Харкова.....	12
1.3. Висновки по розділу.....	26
РОЗДІЛ 2 ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МАРШРУТАХ ПЕРЕВІЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ.....	28
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ.....	40
ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	52
ДОДАТОК А.....	54

ННІЗПІТС, ІМ РозТранс 2024-1 РОЗТРАНС_XXX...ХНЗ

Лист	Арк.	Автори	Ім'я	Датум
Розроб.		Дроздов А. В.		
Перевір. Підпис.		Лист С. І.		
П. Кошар. Витвер.		Бірюк А. І.		
		Лист С. І.		

Повноваження
затверджені

Лист	Арк.	Архів
А	Р	В
С	С	С
ХНУМІ ім. О. М. Бекетова		

ВСТУП

Ефективність функціонування системи перевезень пасажирів є одним із ключових показників розвитку сучасної транспортної інфраструктури міста та визначає рівень забезпечення потреб населення у мобільності. В умовах постійної зміни потреб міського населення в пересуваннях, тяжіння населення до великих та значних міст і підвищення вимог до якості транспортного обслуговування, особливої актуальності набуває питання комплексної оцінки функціонування пасажирських транспортних систем. Раціональна організація маршрутної мережі, оптимізація режимів руху транспортних засобів та забезпечення належного рівня доступності перевезень безпосередньо впливають на соціально-економічний розвиток міста, рівень транспортної втоми населення та екологічний стан міського середовища.

Оцінка ефективності функціонування системи перевезень пасажирів передбачає аналіз технічних, експлуатаційних, економічних та соціальних показників роботи транспорту. До основних критеріїв ефективності належать рівень задоволення попиту населення на перевезення, регулярність і безпека руху, швидкість сполучення, рівень заповнення транспортних засобів на персонах маршруту, тривалість поїздки та економічна доцільність функціонування маршрутної мережі. Важливим аспектом є також дослідження пасажиропотоків та їх нерівномірності у різні періоди доби, що дозволяє визначати проблемні ділянки пасажирської транспортної системи та обґрунтовувати напрями її вдосконалення.

Тому оцінка ефективності функціонування системи перевезень пасажирів Новобаварського району м. Харкова є актуальною темою дослідження в кваліфікаційній роботі.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ

1.1. Аналіз основних етапів моделювання системи перевезень пасажирів

Процес визначення меж пасажирської транспортної системи є ключовим етапом її наукового аналізу та проектування, який базується на системному підході та передбачає ідентифікацію просторових, функціональних і організаційних характеристик системи. У науковій літературі транспортна система розглядається як складна відкрита система, що складається з взаємопов'язаних елементів (інфраструктура, рухомий склад, пасажирів, управлінські структури), тому встановлення її меж необхідне для адекватного моделювання та управління [4-3].



Рисунок 1.1 Початкові етапи моделювання системи перевезень пасажирів

Визначення меж системи починається з формування цілей дослідження, оскільки саме вони визначають, які елементи та зв'язки слід включати до аналізу. Наприклад, при дослідженні міської транспортної системи межі можуть охоплювати лише міську територію або розширюватися до агломерації залежно від характеру пасажиропотоків і задач управління. Далі здійснюється виділення структурних компонентів системи, що включає різні види сполучень (міські, приміські, міжміські, міжнародні), які формують функціональну цілісність пасажирських перевезень (рис. 1.2) [4].



Рисунки 1.2 Процес визначення меж пасажирської транспортної системи

Наступним етапом є просторове окреслення меж, що передбачає визначення території функціонування системи. Воно базується на аналізі реальних транспортних зв'язків, зон тяжіння пасажиропотоків і транспортних вузлів. У сучасних дослідженнях підкреслюється, що межі транспортної системи не завжди збігаються з адміністративними кордонами, оскільки пасажирські переміщення часто формують інтегровані агломераційні структури (рис. 1.2).

Важливим аспектом є функціональне визначення меж, яке передбачає включення до системи лише тих елементів, що беруть участь у процесі перевезення пасажирів і забезпечують повний цикл поїздки (від планування до завершення). Це відповідає концепції «життєвого циклу поїздки», де враховуються етапи «до поїздки», «під час поїздки» і «після поїздки». Такий підхід дозволяє врахувати не лише транспортну інфраструктуру, але й інформаційні та сервісні компоненти (рис. 1.3).

Далі здійснюється визначення зовнішнього середовища системи, тобто тих факторів, які впливають на її функціонування, але не входять до її складу. До них належать соціально-економічні умови, урбанізаційні процеси, цифровізація, державна політика та інші фактори розвитку транспортної галузі. Це дозволяє чітко відокремити систему від середовища та визначити межі впливу (рис. 1.3) [5, 6].

Завершальним етапом є формалізація меж системи у вигляді моделі, що включає опис елементів, зв'язків і потоків (пасажирських, інформаційних, фінансових). Така модель забезпечує можливість подальшого аналізу, оптимізації та прогнозування розвитку транспортної системи, включаючи моделювання пасажиропотоків і взаємодії видів транспорту (рис. 1.3) [7].

Таким чином, процес визначення меж пасажирської транспортної системи є багатоступеневим і включає цільове, структурне, просторове та функціональне окреслення системи, а також відмежування її від зовнішнього середовища. Його реалізація забезпечує адекватне відображення реальних

транспортних процесів і створює основу для ефективного управління та розвитку пасажирських перевезень [1-7].



Рисунок 1.3 – Формалізація меж пасажирської транспортної системи

Процес трасування існуючих маршрутів перевезень пасажирів є важливим етапом аналізу та вдосконалення пасажирської транспортної системи, який передбачає детальне відображення, дослідження та формалізацію фактичних шляхів руху транспортних засобів і пасажиропотоків у межах транспортної мережі. У науковій літературі трасування розглядається як складова транспортного моделювання, що базується на представленні мережі у вигляді графа, де зупинки та транспортні вузли виступають вершинами, а ділянки маршрутів – ребрами з відповідними характеристиками (довжина, час руху, пропускна спроможність) [8-10].

Першим етапом трасування є збір і систематизація вихідних даних, що включає інформацію про існуючу маршрутну мережу, схеми руху, зупиночні пункти, інтенсивність руху та параметри транспортного обслуговування. Значна увага приділяється натурним обстеженням пасажиропотоків, які дозволяють отримати достовірні дані про розподіл пасажирів за напрямками та ділянками маршрутів. На основі таких обстежень формуються матриці кореспонденцій, що відображають переміщення пасажирів між різними пунктами транспортної мережі [8-10].

Наступним етапом є графічне та аналітичне відтворення маршрутів, тобто безпосереднє трасування. Воно полягає у нанесенні маршрутів на транспортну схему або цифрову карту з урахуванням реальної геометрії вулично-дорожньої мережі. У сучасних умовах для цього використовуються геоінформаційні системи та спеціалізовані програмні комплекси (наприклад, транспортні моделі), які дозволяють не лише відобразити маршрути, але й аналізувати їх характеристики, включаючи довжину, час руху та кількість пересадок [11, 12].

Важливим компонентом трасування є визначення параметрів функціонування маршрутів, зокрема швидкості сполучення, інтервалів руху, рівня завантаженості та регулярності перевезень. Це дозволяє оцінити ефективність кожного маршруту та виявити проблемні ділянки маршрутної системи. У наукових дослідженнях підкреслюється, що аналіз пасажиропотоків на зупиночних пунктах дає можливість визначати ключові вузли пересадок і удосконалити маршрутну систему.

Далі здійснюється аналіз альтернативних шляхів і варіантів руху, що передбачає дослідження можливих відхишень від існуючих трас і оцінку їх доцільності. Застосовуються методи пошуку найкоротших шляхів та оптимізаційні алгоритми, які дозволяють визначити раціональні маршрути з урахуванням критеріїв мінімізації часу поїздки, кількості пересадок і транспортних витрат. При цьому враховується, що для одного напрямку може

існувати кілька прийнятних маршрутів, які забезпечують розподіл пасажиропотоків між різними ділками.

Завершальним етапом є формалізація результатів трасування, що включає створення схем маршрутної мережі, баз даних маршрутів і їх інтеграцію в транспортні моделі. Це дозволяє використовувати отримані результати для подальшого планування, оптимізації та управління пасажирськими перевезеннями. Трасування також є основою для розроблення розкладів руху на маршрутах, прогнозування попиту та впровадження інтелектуальних транспортних систем [8-12].

Отже, моделювання системи перевезень пасажирів є комплексним процесом, що поєднує збір емпіричних даних, графічне відображення маршрутів, аналітичну оцінку їх параметрів і подальшу формалізацію у вигляді транспортних моделей. Його реалізація забезпечує глибоке розуміння функціонування маршрутної системи та створює передумови для її ефективного вдосконалення.

1.2. Створення моделі маршрутної мережі Новобаварського району м. Харкова

Для створення моделі маршрутної мережі необхідно визначити межі маршрутної системи. Зазвичай межами маршрутної системи є адміністративні межі населених пунктів, районів, тощо. Межі району дослідження представлені на рис. 1.4. Після цього для моделювання маршрутної системи визначається перелік маршрутів, що мають траси слідування територією району. В разі, якщо програмне забезпечення для моделювання маршрутної системи не дозволяє створити великомасштабну топологічну схему маршрутної мережі з великою кількістю транспортних районів, то єдиним вірним рішенням в такій ситуації, стає скорочення трас маршрутів до адміністративних меж район з урахуванням кількості пасажирів в салоні

транспортного засобу, що перетинають адміністративні межі району дослідження (рис. 1.4).

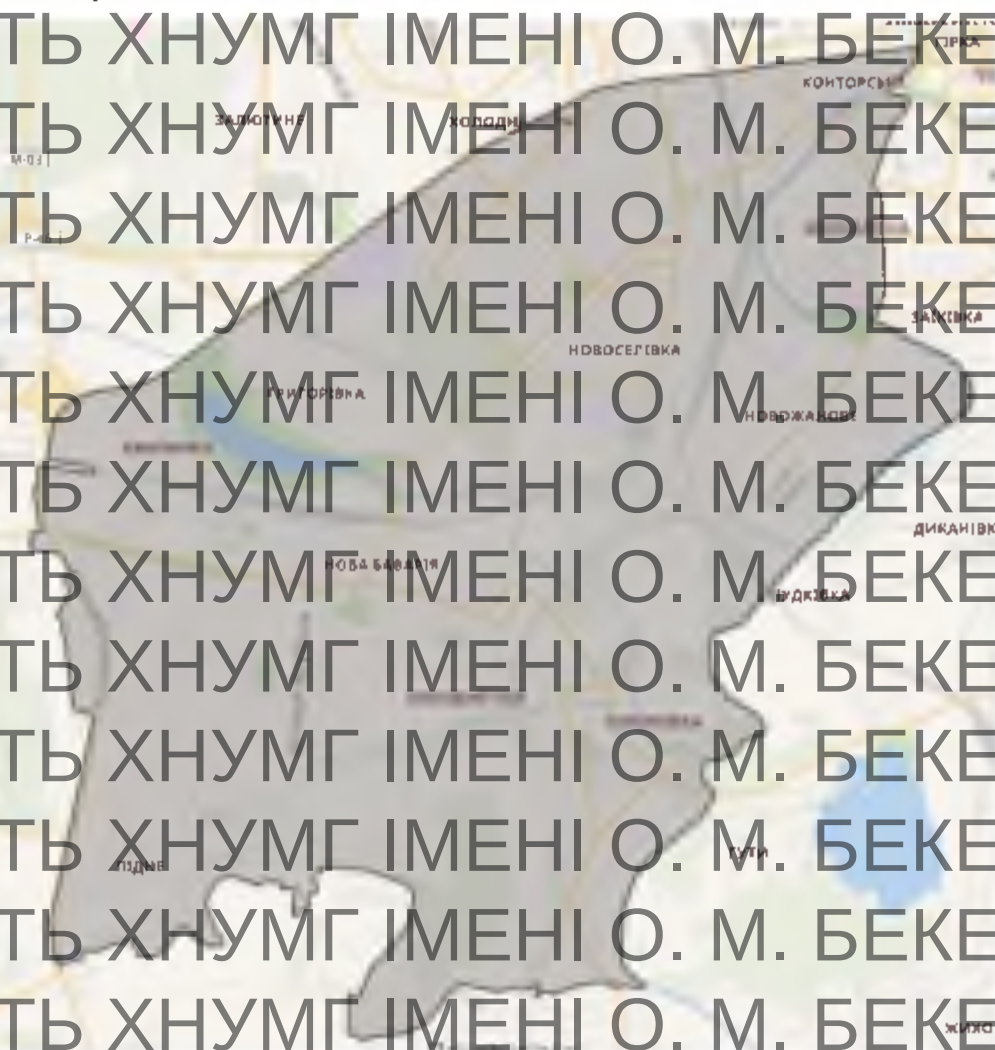


Рисунок 1.4 Межі району дослідження на карті м. Харкова

Новобаварський район м. Харкова, включає такі історичні райони як: Хвилинка, Григорівка, Новоселівка, Новожанове, Нова Баварія, Ліпівий Гай, Пилинівка та Лідне. Близька восьмидесяти відсотків домоволодіння в Новобаварському районі м. Харкова складають приватні домоволодіння, що є найбільшим показником в порівнянні з іншими районами міста.

Обслуговування населення району відбувається трьома видами транспорту автобусами, тролейбусами та трамваями. Відповідно до цього, маршрутна системи району налічує шістнадцять автобусних маршрутів, по два тролейбусних та трамвайних маршрута. Маршрутна системи району з

існуючими маршрутами, візуалізованими в додатку EasyWay, представлена на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Маршрутна системи району з існуючими маршрутами

Основні магістралі на маршруті слідування пасажирського транспорту представлені в табл. 1.1, також в ній зазначено час роботи маршрутів пасажирського транспорту і інтервали руху на маршрутах.

Формування топологічної схеми маршрутної мережі в програмному середовищі PTV Visum розпочинається з визначення просторового розташування транспортних районів у межах об'єкта дослідження. На цьому етапі виконується ідентифікація центрів транспортних районів, які є основними вузлами генерації та тяжіння пасажиропотоків у транспортній системі. Розміщення центрів транспортних районів здійснюється з урахуванням найбільш значущих за обсягами пасажирообміну зовнішніх пунктів маршрутної мережі, що забезпечує адекватне відображення реальних умов функціонування громадського транспорту та характеру пересувань населення.

Таблиця 4.1 – Аналітичне представлення маршрутів району дослідження

№ п/п	Номер маршруту	Основні магістрали на маршруті слідування пасажирського транспорту	Час роботи маршруту	Інтервали руху, хв.
1	2	3	4	5
Маршрути трамвая				
1	3	Новожановс – вул. Москалівська – вул. Гольдбергівська – вул. Грсківська – Нетіченський міст – Павлівський майдан – вул. Полтавський Шлях – вул. Защогинська – Залогине	05:45 – 21:35	10-25
2	7	Південний вокзал – вул. Є. Колічара – вул. Полтавський Шлях – бульв. Гончарівський – вул. Москалівська – Новоселівка	06:10 – 19:30	20-50
Маршрути тролейбуса				
3	11	Гончарівський бульвар – вул. В. Гончарівська – вул. Семінарська – пр. Л. Малої – пр. Новобаварський – пр. Дзюби	06:10 – 19:20	15-30
4	27	вул. Дудінської – пр. Л. Малої – пр. Новобаварський – пр. Дзюби	06:05 – 21:10	14-39
Маршрути автобуса				
5	22	Пилипівка – вул. І. Коваля – вул. Некрасова – вул. Герцена пр. Новобаварський – пр. Л. Малої – вул. Дудінської – ст. м. «Холодна Гора»	06:00 – 21:42	30-69

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
6	29	вул. Власенка – вул. Москалівська	6:30–19:30	45–120
7	32	пр. Дзюби пр. Новобаварський вул. Герцена вул. Некрасова вул. І. Ковалю	6:30–19:00	42–58
8	37	пр. Дзюби – пр. Новобаварський – пр. Л. Малої – вул. Дудінської – вул. Полтавський Шлях	06:30–18:59	80–100
9	58	вул. Полтавський Шлях – бульв. Гончарівський – вул. Москалівська – вул. Ак. Богомолюца	05:50–20:10	35–120
10	67	ст. м. «Холодна Гора» – вул. Полтавський Шлях – вул. Дудінської – Григорівське шосе – вул. Баварська – вул. Григорівська – вул. Семінарська – вул. В. Гончарівська – бульв. Гончарівський	06:30–18:45	80 – 96
11	109	Лідне – вул. В. Бугрименка – вул. Лекторська – вул. Ак. Грищенка вул. Лірична вул. Чехова пр. Л. Малої вул. Дудінської вул. Полтавський Шлях	06:30–19:05	40 55
12	243	вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»	06:30–19:45	47 58

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
13	273	вул. Ак. Гришенка – вул. Лірична – вул. Чехова – пр. Новобаварський – пр. Л. Малої – вул. Дудінської – вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»	06:30 – 18:50	55–70
14	43 е	вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»	06:15 – 21:30	15 – 25
15	75 е	Завол «Надія» – пр. Новобаварський – пр. Л. Малої – вул. Дудинської – вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»	06:00 – 21:00	15 – 20
16	209 е	Льодне – вул. В. Бутрименка – вул. Лекторська – вул. Ак. Гришенка – вул. Лірична – вул. Чехова – пр. Л. Малої – вул. Дудинської – вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»	06:00 – 21:35	20
17	220 е	вул. Свистунівська – вул. І. Ковалів – вул. Некрасова – вул. Герцена пр. Новобаварський – пр. Л. Малої – вул. Дудинської – вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»	06:35 – 20:50	15
18	237 е	вул. Ак. Гришенка – вул. Лірична – вул. Чехова – пр. Новобаварський – пр. Л. Малої – вул. Дудинської – вул. Полтавський Шлях – ст. м. «Холодна Гора»	06:15 – 19:03	40–90

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
19	238 е	вул. Полтавський Шлях – бульв. Гончарівський – вул. Москалівська – вул. Ак. Богомольця	06:52– 19:00	20–75
20	239 с	пр. Дзюби – пр. Новобаварський – вул. Герцена – вул. Искрасова вул. І. Ковалю – вул. Свистунівська	06:15– 20:45	30–45

Крім того, транспортні райони формуються у місцях початку та завершення маршрутів відповідно до адміністративних меж району. Такий підхід дозволяє забезпечити коректне відображення транспортних кореспонденцій між окремими транспортними районами. Просторова прив'язка транспортних районів до ключових вузлових пунктів і кінцевих вузликів маршрутів створить основу для подальшого формування топологічної структури маршрутної мережі, моделювання пасажиропотоків і аналізу ефективності функціонування системи пасажирських перевезень (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Розміщення центрів транспортних районів

Перетони маршрутів, згідно теорії організації процесу перевезень пасажирів, з'єднують між собою суміжні зупиночні пункти. По аналогії з цим, поєднуємо суміжні транспортні райони ділянками маршрутної мережі, якими відбувається рух пасажирських транспортних засобів. Поєднані між собою ділянками маршрутної мережі, центри транспортних районів в сукупності формують топологічну схему маршрутної мережі району дослідження (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Сформована схема маршрутної мережі

Параметри ділянок сформованої маршрутної мережі представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Параметри ділянок маршрутної мережі

Дуга	Довжина, км.	Кількість смуг в напрямку руху, 0/1
1	2	3
9 - 10	0,81	1
10 - 9	0,81	1
10 - 11	1,00	1
11 - 10	1,00	1
5 - 6	1,32	1
6 - 5	1,32	1
3 - 6	1,05	1
6 - 3	1,05	1
26 - 27	0,77	1
27 - 26	0,77	1
24 - 25	0,60	1
25 - 24	0,60	1
13 - 16	0,84	1
16 - 13	0,84	1
16 - 17	1,08	1
17 - 16	1,08	1
17 - 18	0,60	1
18 - 17	0,60	1
18 - 19	1,35	1
19 - 18	1,35	1
13 - 20	1,18	1

Продовження табл. 1.2

1	2	3
20 - 13	1,18	1
20 - 21	1,29	1
21 - 20	1,29	1
21 - 23	1,59	1
23 - 21	1,59	1
21 - 22	1,02	1
22 - 21	1,02	1
2 - 3	1,55	2
3 - 2	1,55	2
3 - 4	1,08	2
4 - 3	1,08	2
2 - 9	0,45	2
9 - 2	0,45	2
8 - 11	0,85	2
11 - 8	0,85	2
8 - 9	1,00	2
9 - 8	1,00	2
4 - 5	0,46	2
5 - 4	0,46	2
5 - 28	0,76	2
28 - 5	0,76	2
28 - 29	0,47	2
29 - 28	0,47	2
29 - 30	0,58	2
30 - 29	0,58	2
6 - 7	0,26	2

Продовження табл. 1.2

1	2	3
7 - 6	0,26	2
7 - 8	0,79	2
8 - 7	0,79	2
26 - 30	0,86	2
30 - 26	0,86	2
25 - 26	1,03	2
26 - 25	1,03	2
14 - 15	0,74	2
15 - 14	0,74	2
13 - 14	1,85	2
14 - 13	1,85	2
12 - 13	1,25	2
13 - 12	1,25	2
1 - 12	0,98	2
12 - 11	0,98	2
1 - 2	1,40	3
2 - 1	1,40	3
22 - 23	0,82	3
23 - 22	0,82	3

Дослідження потреб населення у пересуваннях маршрутною системою в районі дослідження свідчить про те, що максимальні обсяги пасажирських перевезень спостерігаються у ранковий період пікового навантаження, який триває з 7:00 до 8:30. У цей часовий проміжок, основну частину поїздок здійснюють працівники підприємств, установ та організацій міста, що зумовлює значне зростання пасажиропотоків на маршрутах громадського транспорту. Більшість маршрутів району дослідження виконує підвізку

функцію, забезпечуючи транспортне сполучення осітєбної території зі станціями метрополітену «Холодна Гора» та «Південний Вокзал». Внаслідок цього в маршрутній системі існує нерівномірність розподілу пасажиропотоків за напрямками руху.

Для визначення параметрів попиту на перевезення в маршрутній системі було проведено натурне обстеження пасажиропотоків. Дослідження здійснювалося на зупиночних пунктах, розташованих у межах центрів транспортних районів. У процесі обстеження виконувалася фіксація кількості пасажирів, які здійснювали посадку та висадку з транспортних засобів на всіх маршрутах, що проходять через відповідний зупиночний пункт. Облік пасажирів проводився з інтервалом у п'ятнадцять хвилин, після чого отримані результати були приведені до загальної тривалості пікового періоду. На основі проведених спостережень представлені параметри на пересування маршрутним пасажирським транспортом (табл. 1.3).

Таблиця 1.3. Параметри попиту на пересування маршрутним пасажирським транспортом

№	Адресна прив'язка району	Попит по відправленню, пас.	Попит по прибуттю, пас.
1	2	3	4
1	вул. Полтавський Шлях	1643	738
2	вул. Дудинської	1740	4759
3	вул. Семінарська – вул. Полтавський Шлях	164	556
4	Південний Вокзал	9134	13920
5	вул. В. Гончарівська – бульв. Григорівський	93	93

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
6	вул. Семінарська – вул. В. Гончарівська	187	187
7	вул. Семінарська пр. Л. Малої	155	103
8	вул. Дудинської пр. Л. Малої	993	1987
9	вул. Дудинської Григорівське шосе	466	466
10	вул. Грушевського – Григорівське шосе	522	101
11	вул. Грушевського – пр. Л. Малої	1429	684
12	Григорівське шосе – пр. Л. Малої	226	106
13	вул. Китаєнка – пр. Новобаварський	2113	466
14	пр. Дзюби – пр. Новобаварський	1708	248
15	Окружна дорога – пр. Новобаварський	4475	3790
16	вул. Липинна – вул. Ак. Грищенка	188	63
17	вул. Лекторська – вул. Ак. Грищенка	414	243
18	вул. Билинна – вул. Лекторська	461	316
19	Лідне	466	163

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
20	вул. Герцена – пр. Новобаварський	782	454
21	вул. Гостомелівська	957	343
22	вул. І. Ковалю		
22	вул. І. Ковалю	248	248
23	Карачівське Шоссе		
23	вул. Радотехнічна	223	108
24	Карачівське Шоссе		
24	вул. Власенка	1593	1201
25	Новокаганове	1429	689
26	вул. М. Бажана	695	330
27	вул. Москалівська		
27	вул. М. Бажана	565	449
28	вул. Москалівська	850	1206
29	бульв. Григорівський		
29	вул. Гольдберівська – вул. Москалівська	488	430
30	вул. Основ'янівська	608	568
	вул. Москалівська		
	Всього, пас.	35015	35015

1.3. Висновки по розділу

В першому розділі роботи розглянуті початкові етапи моделювання системи перевезень пасажирів, виконаний аналіз основних етапів моделювання системи перевезень пасажирів. Важливим елементом

модельовання є встановлення та формалізація мех. системи, особливо важливим це є в разі обмежених можливостей програмного забезпечення для модельовання. Надана характеристика об'єкта дослідження, проаналізована існуюча маршрутна мережа, представлені маршрути в аналітичній формі, сформована топологічна схема маршрутної мережі з вершинами, розташованими в зоні значного пасажирообміну, досліджені перегони маршруту, визначені сумарні обсяги попиту на пересування маршрутами системи.

РОЗДІЛ 2

**ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МАРШРУТАХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ**

Формування пасажиропотоків на маршрутах Новобаварського району м. Харкова здійснюється шляхом розподілу попиту на перевезення між маршрутами транспортної системи відповідно до центрів транспортних районів. Такий підхід дозволяє враховувати просторову структуру пересувань населення та особливості формування кореспонденцій у межах об'єкта дослідження. Вихідними даними для моделювання виступають параметри попиту на пересування, які були визначені на попередніх етапах дослідження.

Процес формування маршрутної системи в програмному середовищі PTV Vissim передбачає виконання послідовності взаємопов'язаних дій, необхідних для подальшого розподілу пасажиропотоків за обраними критеріями. На початковому етапі визначається перевізник, який обслуговує маршрути транспортної системи. В умовах конкурентного ринку перевезень на одному ринку перевезень можуть функціонувати декілька операторів. Проте в місті Харкові, основну частину маршрутів громадського транспорту на сьогодні обслуговує КПМ «Міське електротрансєрвіс», що враховується під час налаштування параметрів моделі у програмному середовищі.

Після визначення перевізника до моделі заносяться типи транспортних засобів, які експлуатуються на маршрутах, а також їх основні технічні та експлуатаційні характеристики. Для кожного виду транспорту в програмі задаються відповідні параметри, зокрема місткість рухомого складу. У рамках дослідження для трамваїв прийнято місткість 168 пасажирів, для тролейбусів 100 пасажирів, а для автобусів 58 пасажирів. Вказані характеристики використовуються програмою для подальшого визначення пасажиропотоків на маршрутах та оцінки ефективності функціонування пасажирської транспортної системи.

Наступним етапом є введення до моделі всіх маршрутів Новобаварського району м. Харкова відповідно до сформованої маршрутної мережі. У результаті до програмного комплексу було занесено двадцять маршрутів (рис. 2.1), що забезпечують транспортне сполучення в межах об'єкта дослідження. Проте, лише введення маршрутів не забезпечує можливості виконання розподілу пасажиропотоків. Для коректного функціонування моделі необхідним є також визначення режимів руху транспортних засобів на кожному маршруті.



Рисунок 2.1 – Маршрути об'єкта дослідження

З цією метою для кожного маршруту визначаються параметри руху, зокрема час початку та завершення рейсів, а також інтервали руху транспортних засобів. На основі зазначених параметрів у середовищі PTV Visum автоматично формується розклад руху як у табличному, так і в графічному вигляді (рис. 2.2 та 2.3). Отримані розклади виступають основою для подальшого моделювання функціонування маршрутної мережі та розподілу пасажиропотоків між окремими маршрутами транспортної системи.

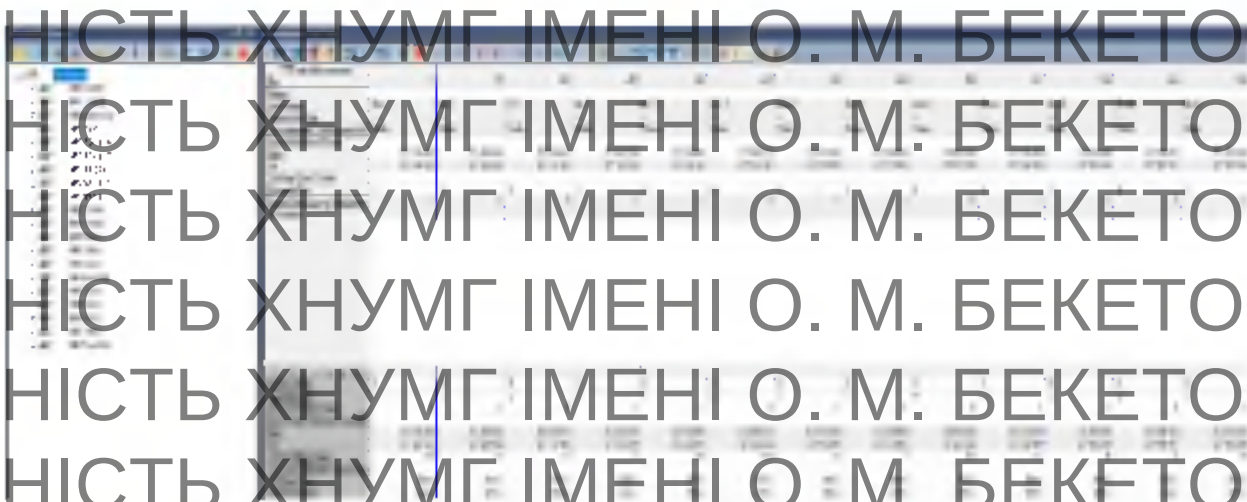


Рисунок 2.2 – Табличний розклад руху

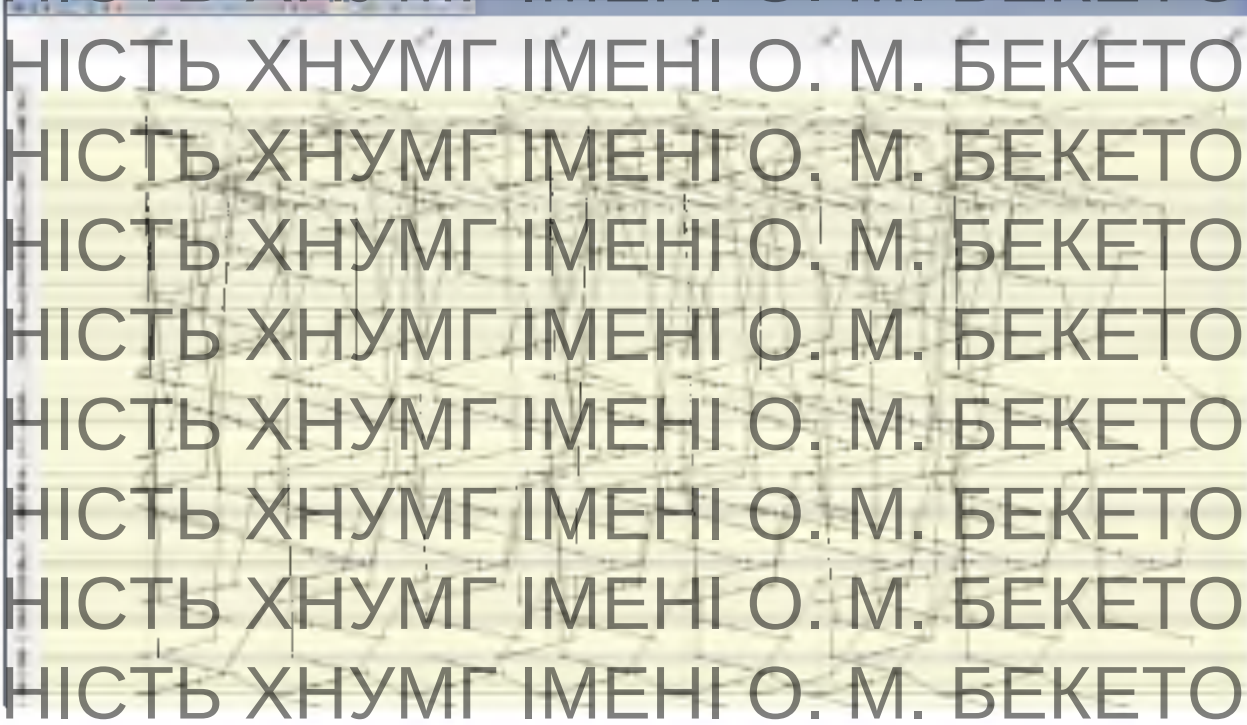


Рисунок 2.3 – Графічне представлення розкладу руху

Для виконання процедури розподілу пасажиропотоків на маршрути перевезень пасажирів потрібно розрахувати відстані поїздок пасажирів або витрати часу. Ці показники можуть бути сформовані у вигляді відповідних матриць витрат в залежності від розрахованого показника (відстань, час).

Отримані матриці є основною для процедури балансування матриць кореспонденцій пасажирів в маршрутній системі району дослідження. Використаємо модифіковану гравітаційну модель розрахунку пасажирських

кореспонденцій між районами i та j , яку можна представити у вигляді наступних рівнянь (2.1)–(2.3):

$$H_{ij} = A_i \cdot B_j \cdot Q_i \cdot D_j \cdot f(c_{ij}), \quad (2.1)$$

$$A_i = \left[\sum_j B_j \cdot D_j \cdot f(c_{ij}) \right]^{-1}, \quad (2.2)$$

$$B_j = \left[\sum_i A_i \cdot Q_i \cdot f(c_{ij}) \right]^{-1}. \quad (2.3)$$

де Q_i – кількість відправлень з району i , пас.;

D_j – кількість прибуття в район j , пас.

Рівняння з визначення A_i та B_j вирішуються ітераційними методами і відповідно до зазначеного, ці значення гарантують відповідні величини H_{ij} .

Величини c_{ij} в моделі (2.1)–(2.3) є загальною мірою опору пересування між районами i та j , в якості якої можуть бути географічна відстань, час пересування, витрати на пересування, або зважена комбінація цих чинників.

Використання модифікованої гравітаційної моделі покладено в основу отримання гравітаційної моделі за рахунок мінімізації ентропії. Для цього вводиться обмеження на H_{ij} :

$$\sum_i \sum_j H_{ij} \cdot c_{ij} = \theta, \quad (2.4)$$

Виконуючи ряд перетворень, що максимізують лагранжіан, що, в свою чергу, максимізує ентропію та враховує складові функції (2.1), і не є завданнями цієї кваліфікаційної роботи, представляємо коефіцієнти (2.2, 2.3) в наступному вигляді:

$$A_i = \left[\sum_j B_j \cdot D_j \cdot \exp(-\beta c_{ij}) \right]^{-1}, \quad (2.5)$$

$$B_j = \left[\sum_i A_i \cdot Q_i \cdot \exp(-\beta c_{ij}) \right]^{-1}. \quad (2.6)$$

Звідки, функція розподілу кореспонденцій (2.1) набуває вигляду:

$$H_{ij} = A_i \cdot B_j \cdot Q_i \cdot D_j \cdot \exp(-\beta c_{ij}). \quad (2.7)$$

Параметр β має відповідну фізичну інтерпретацію. Він залежить від середньої довжини поїздки пасажирів: чим більше значення має β , тим менша середня довжина поїздки. Цей параметр зазвичай визначається шляхом калібрування.

Для використання ентروпійного підходу (рис. 2.4) до балансування матриці кореспонденцій на початку цього процесу використаємо матрицю довжини поїздок між районами, що отримана в програмному забезпеченні та представлена в табл. А.1 доданка до роботи. Другим етапом є формування матриці функції опору $\exp(-\beta c_{ij})$ та калібрування параметра β (табл. А.2).

На наступному етапі здійснюється визначення коефіцієнтів A_i та B_j . Визначені на першій ітерації балансування матриці кореспонденцій коефіцієнти A_i та B_j представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнтів A_i та B_j на першій ітерації балансування матриці кореспонденцій

Район відправлення або прибуття	Значення коефіцієнтів A_i	Значення коефіцієнтів B_j
1	2	3
1	0,0000475	0,8913
2	0,0000489	0,7792
3	0,0000391	0,7206
4	0,0000754	1,2861
5	0,0000372	0,6785

Продовження табл. 2.1

1	2	3
6	0,0000397	0,7017
7	0,0000397	0,7029
8	0,0000434	0,7336
9	0,0000414	0,7497
10	0,0000444	0,7856
11	0,0000438	0,7526
12	0,0000462	0,7447
13	0,0000504	0,8129
14	0,0000570	0,8903
15	0,0000772	1,2196
16	0,0000565	0,8655
17	0,0000656	0,9950
18	0,0000726	1,1202
19	0,0000828	1,3009
20	0,0000582	0,8780
21	0,0000666	1,0229
22	0,0000701	1,2202
23	0,0000766	1,0914
24	0,0000592	1,0761
25	0,0000542	0,9964
26	0,0000484	0,8678
27	0,0000528	0,9254
28	0,0000418	0,7380
29	0,0000425	0,7592
30	0,0000452	0,7973

На наступному етапі формування матриці кореспонденцій з урахуванням визначених коефіцієнтів (табл. 2.1) з використанням функції (2.7) отримуємо матрицю кореспонденцій, що представлена в табл. А.3 додатка.



Рисунок 2.4 — Етапи електронного нілоду формування та балансування матриці кореспонденцій

Визначимо похибки по відправленню та прибуттю в кожному з транспортних районів (табл. 2.2). В разі перевищення похибок на більше ніж

10% ітераційно перераховуємо коефіцієнти A та B , до отримання кінцевого варіанта матриці кореспонденцій (рис. 2.4).

Таблиця 2.2 – Похибки по відправленню та прибуттю в кожному з транспортних районів на першій ітерації балансування матриці кореспонденцій

Район відправлення або прибуття	Похибка по відправленню, %	Похибка по прибуттю, %
1	2	3
1	4,14	0,14
2	9,77	0,02
3	6,71	0,36
4	14,00	0,01
5	5,38	2,15
6	4,28	0,53
7	5,16	0,97
8	6,04	0,05
9	3,86	0,64
10	2,68	0,99
11	4,41	0,29
12	3,10	0,00
13	4,97	0,21
14	5,44	0,00
15	1,07	0,00
16	4,26	1,59
17	4,35	0,82
18	3,69	0,63
19	3,43	0,00

Продовження табл. 2.2

1	2	3
20	1,60	0,22
21	4,28	0,58
22	5,24	0,40
23	3,59	0,93
24	6,65	0,00
25	6,72	0,00
26	6,62	0,61
27	6,55	0,22
28	8,35	0,25
29	6,97	0,23
30	7,40	0,18

Значення похибки для транспортного району відправлення № 4 склало 14%, тому необхідна наступна ітерація з перерахунку коефіцієнтів A_i та B_j (табл. 2.3) та визначення похибки по відправленню та прибуттю в кожному з транспортних районів (табл. 2.4).

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнтів A_i та B_j на другій ітерації балансування матриці кореспонденцій

Район відправлення або прибуття	Значення коефіцієнтів A_i	Значення коефіцієнтів B_j
1	2	3
1	0,0000456	0,860
2	0,0000446	0,749
3	0,0000366	0,689
4	0,0000876	1,352

Продовження табл. 2.3

1	2	3
5	0,0000347	0,649
6	0,0000375	0,677
7	0,0000377	0,679
8	0,0000409	0,711
9	0,0000399	0,727
10	0,0000432	0,767
11	0,0000419	0,733
12	0,0000445	0,731
13	0,0000481	0,798
14	0,0000540	0,877
15	0,0000763	1,200
16	0,0000543	0,856
17	0,0000632	0,984
18	0,0000704	1,105
19	0,0000802	1,284
20	0,0000556	0,864
21	0,0000639	1,007
22	0,0000674	1,205
23	0,0000733	1,018
24	0,0000556	1,031
25	0,0000508	0,955
26	0,0000453	0,835
27	0,0000494	0,891
28	0,0000386	0,705
29	0,0000396	0,727
30	0,0000421	0,765

Таблиця 2.4 Похибки по відправленню та прибуттю в кожному з транспортних районів на другій ітерації балансування матриці кореспонденції

Район відправлення або прибуття	Похибка по відправленню, %	Похибка по прибуттю, %
1	2	3
1	1,16	0,00
2	1,78	0,02
3	1,22	0,18
4	3,24	0,01
5	0,00	1,08
6	1,60	0,53
7	0,00	0,97
8	1,31	0,05
9	1,50	0,21
10	0,38	0,99
11	0,98	0,29
12	1,33	1,89
13	0,71	0,43
14	0,47	0,00
15	1,12	0,03
16	1,60	3,17
17	0,72	0,41
18	0,00	0,32
19	0,00	0,61
20	1,02	0,22
21	0,63	0,29
22	0,81	0,40
23	1,35	0,93

Продовження табл. 2.4

1	2	3
24	1,69	0,08
25	1,68	0,15
26	1,58	0,61
27	1,42	0,45
28	1,88	0,08
29	1,64	0,00
30	1,48	0,35

З табл. 2.4 видно, що для кожного з транспортних районів відправлення або прибуття значення похибки не перевищує 10%, тому матрицю кореспонденцій представлено в табл. А.4 додатка можна прийняти як кінцевий варіант для розрахунків та здійснити формування пасажиропотоків (рис. 2.5).

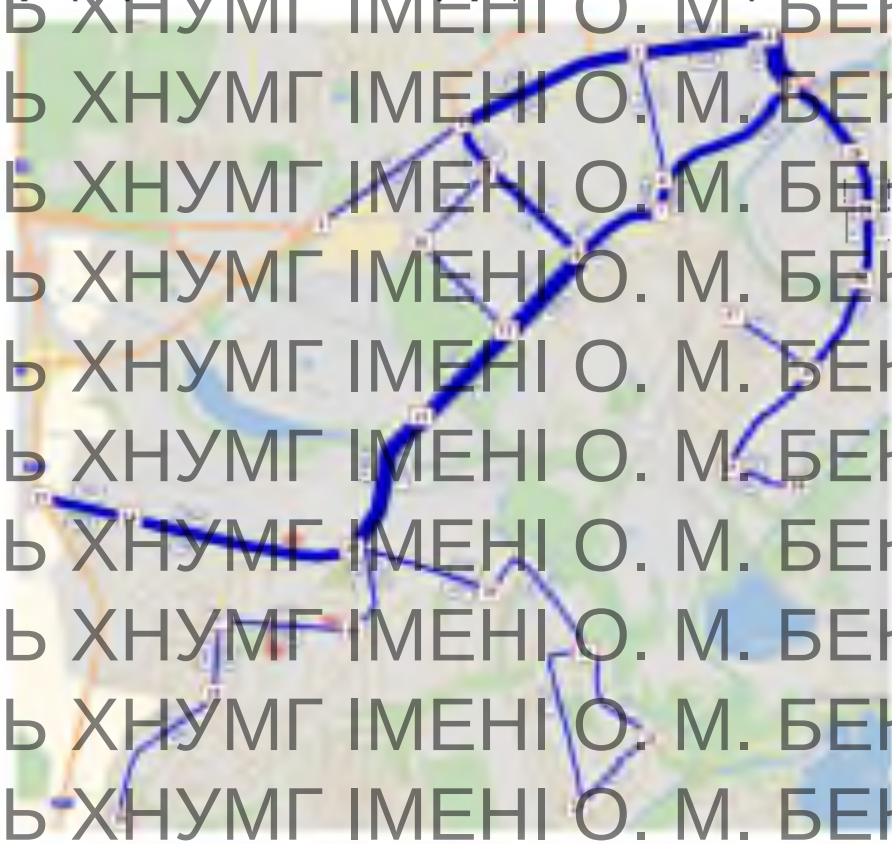


Рисунок 2.5 – Пасажиропотоки в маршрутній системі

РОЗДІЛ V

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ

Ефективність перевезення пасажирів в міській маршрутній системі вказує на те, наскільки ефективним є процес перевезень. Оцінити ефективність можна визначивши показники економічного, екологічного чи соціального характеру. В цьому розділі кваліфікаційної роботи проведемо оцінку ефективності функціонування системи перевезень пасажирів за допомогою соціальних показників. Соціальні показники перевезень, прямо пов'язані з часовими показниками технологічного процесу перевезень пасажирів на маршрутах системи. Моделювання пасажиропотоків в РТВ Visum дозволяє визначити середній час поїздки в транспортному засобі, час здійснення пересадки, час сприйняття поїздки в транспортному засобі, швидкість сполучення та середню довжину поїздки пасажирів. Тенденції зміни зазначених показників визначимо залежно від незалежної змінної: часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупиночних пунктах в маршрутній системі. Програмне забезпечення дозволяє провести варіювання цього показника в певному діапазоні зміни (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 Показники ефективності перевезень пасажирів

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Середній час поїздки, хв.	Час здійснення пересадки, хв.	Час сприйняття поїздки, хв.	Швидкість сполучення, км./год.	Середня довжина поїздки, км.
1	2	3	4	5	6
0,25	15,05	3,33	20,33	19,60	5,10
0,5	16,08	3,47	21,47	18,20	5,07

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
0,75	17,12	3,43	23,43	17,00	5,09
1	18,03	3,55	24,55	16,20	5,06
1,25	19,03	3,78	25,78	15,20	5,05
1,5	19,30	4,50	26,50	14,70	5,00

Представляємо тенденції зміни показників на рис. 3.1 – 3.5.



Рисунок 3.1 – Тенденція зміни середнього часу поїздки в транспортному засобі

Тенденція зміни середнього часу поїздки в транспортному засобі (рис. 3.1) описується квадратичною поліноміальною залежністю. Значення коефіцієнта детермінації вказує на значний вклад часу простоя на проміжних зупинках на значення середнього часу поїздки. Збільшення середнього часу поїздки, при збільшенні часу простоя, пояснюється фактом перебування пасажирів в салоні пасажирського транспортного засобу та відповідним очікуванням на проміжних зупинкових пунктах, що в сукупності збільшує для них час виконання рейсу.



Рисунок 3.2 Тенденція зміни часу здійснення пересадки



Рисунок 3.3 Тенденція зміни часу сприйняття поїздки



Рисунок 3.4 Тенденція зміни швидкості сполучення

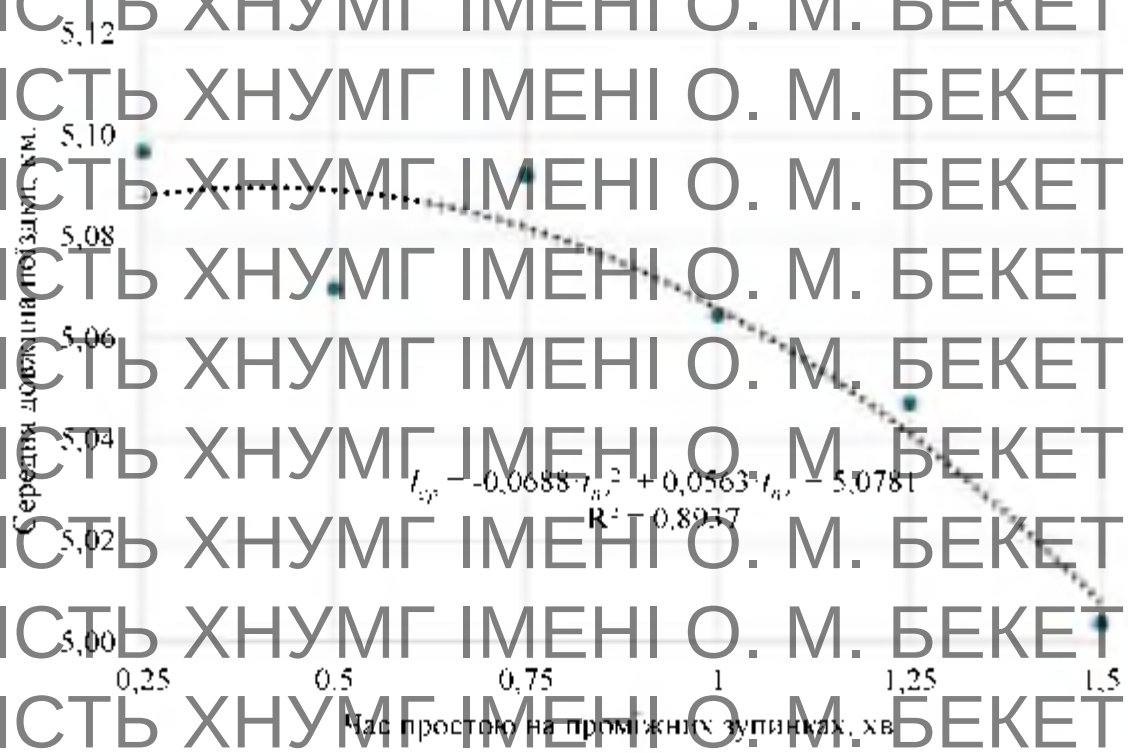


Рисунок 3.5 Тенденція зміни середньої довжини поїздки

Тенденція зміни часу здійснення пересадки між маршрутами системи (рис. 3.2) описується квадратичною поліноміальною залежністю. Значення коефіцієнта детермінації вказує на значний вклад часу простою на проміжних зупинках на значення часу здійснення пересадки. Збільшення часу здійснення пересадки, при збільшенні часу простою, пояснюється фактом, того, що пасажир у зв'язку зі зростанням часу простою на проміжних зупинках, починають шукати для себе альтернативні маршрути для здійснення поїздки.

Тенденція зміни часу сприйняття поїздки на маршрутах системи (рис. 3.3) описується квадратичною поліноміальною залежністю. Значення коефіцієнта детермінації вказує на значний вклад часу простою на проміжних зупинках на значення часу сприйняття поїздки. Збільшення часу сприйняття поїздки, при збільшенні часу простою, пояснюється фактом, того, що пасажир підсвідомо сприймають час рейсу та час його складових. Тому чим триваліший простій на проміжних зупинках, тим більше його підсвідоме сприйняття пасажиром.

Тенденція зміни швидкості сполучення на маршрутах системи (рис. 3.4) описується квадратичною поліноміальною залежністю. Значення коефіцієнта детермінації вказує на значний вклад часу простою на проміжних зупинках на значення швидкості сполучення. Зменшення швидкості сполучення, при збільшенні часу простою, пояснюється фактом, того, що питома вага технологічних операцій з руху транспортних засобів зменшується, натомість питома вага простою на проміжних зупинках в загальному часі рейсу збільшується, що призводить до нелінійного зменшення швидкості сполучення.

Тенденція зміни середньої довжини поїздки на маршрутах системи (рис. 3.5) описується квадратичною поліноміальною залежністю. Значення коефіцієнта детермінації вказує на помірний вклад часу простою на проміжних зупинках на значення середньої довжини поїздки. Зменшення середньої довжини поїздки, при збільшенні часу простою, пояснюється фактом, того, зі

збільшенням часу простою на зупинках пасажирів починають поступово шукати інші види пересування в пасажирській транспортній системі.

Оцінити отримані тенденції зміни показників (рис. 3.1 – 3.5) можна визначивши для них помилки апроксимації.

Помилки апроксимації для рівнянь на рис. 3.1 – 3.5 представлені в табл. 3.2 – 3.6.

Таблиця 3.2 – Помилка апроксимації рівняння зміни середнього часу поїздки в транспортному засобі

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Середній час поїздки, хв.	Рівняння зміни середнього часу поїздки, хв.	Помилка апроксимації, %
0,25	15,05	15,12	0,50
0,5	16,08	16,18	0,61
0,75	17,12	17,14	0,16
1	18,03	18,01	0,12
1,25	19,03	18,78	1,31
1,5	19,30	19,46	0,84
Середнє значення помилки, %			0,59

Таблиця 3.3 – Помилка апроксимації рівняння зміни часу здійснення пересадки

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Час здійснення пересадки, хв.	Рівняння зміни часу здійснення пересадки, хв.	Помилка апроксимації, %
1	2	3	4
0,25	3,33	3,42	2,66
0,5	3,47	3,33	3,81

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4
0,75	3,43	3,39	1,28
1	3,55	3,59	1,03
1,25	3,78	3,93	3,77
1,5	4,50	4,41	2,05
Середнє значення помилки, %			2,43

Таблиця 3.4 – Помилка апроксимації рівняння зміни часу сприйняття

поїздки			
Час простою на проміжних зупинках, хв.	Час сприйняття поїздки, хв.	Рівняння зміни часу прийняття поїздки, хв.	Помилка апроксимації, %
0,25	20,33	20,17	0,79
0,5	21,47	21,81	1,62
0,75	23,43	23,28	0,67
1	24,55	24,56	0,03
1,25	25,78	25,66	0,47
1,5	26,50	26,59	0,33
Середнє значення помилки, %			0,65

Таблиця 3.5 – Помилка апроксимації рівняння зміни швидкості

сполучення			
Час простою на проміжних зупинках, хв.	Швидкість сполучення, км./год.	Рівняння зміни швидкості сполучення, км./год.	Помилка апроксимації, %
1	2	3	4
0,25	19,60	19,58	0,09

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4
0,5	18,20	18,22	0,13
0,75	17,00	17,05	0,32
1	16,20	16,07	0,78
1,25	15,20	15,28	0,55
1,5	14,70	14,68	0,12
Середнє значення помилки, %			0,33

Таблиця 3.6 – Помилка апроксимації рівняння зміни середньої довжини поїздки

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Середня довжина поїздки, км.	Рівняння зміни середньої довжини поїздки, км.	Помилка апроксимації, %
1	2	3	4
0,25	5,10	5,06	0,72
0,5	5,07	5,03	0,73
0,75	5,09	5,00	1,86
1	5,06	4,95	2,20
1,25	5,05	4,90	2,91
1,5	5,00	4,84	3,29
Середнє значення помилки, %			1,95

В результаті моделювання додатково можна визначити коефіцієнт пересадності в маршрутній системі (табл. 3.7) з урахуванням кількості здійснених поїздок та кількості поїздок з пересадками

Таблиця 3.7 Визначення коефіцієнта пересадності в маршрутній системі

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Кількість поїздок	Кількість поїздок з кількістю пересадок:				Коефіцієнт пересадності
		0	1	2	3	
0,25	35015	27570	6806	637	1	1,23
0,50	35015	27611	6683	716	3	1,23
0,75	35015	27123	7057	830	3	1,25
1,00	35015	26874	7488	935	17	1,26
1,25	35015	26804	7222	917	71	1,26
1,50	35015	26148	7793	1001	72	1,29

За даними табл. 3.7 представимо тенденцію зміни коефіцієнта пересадності в маршрутній системі на рис. 3.6.

Помилка апроксимації рівняння зміни коефіцієнта пересадності представлена в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Помилка апроксимації рівняння зміни коефіцієнта пересадності в маршрутній системі

Час простою на проміжних зупинках, хв.	Коефіцієнт пересадності	Рівняння зміни коефіцієнта пересадності	Помилка апроксимації, %
1	2	3	4
0,25	1,23	1,23	0,13
0,5	1,23	1,24	0,38
0,75	1,25	1,25	0,26
1	1,26	1,26	0,26
1,25	1,26	1,27	0,39
1,5	1,29	1,28	0,13

Продовження табл. 3.8

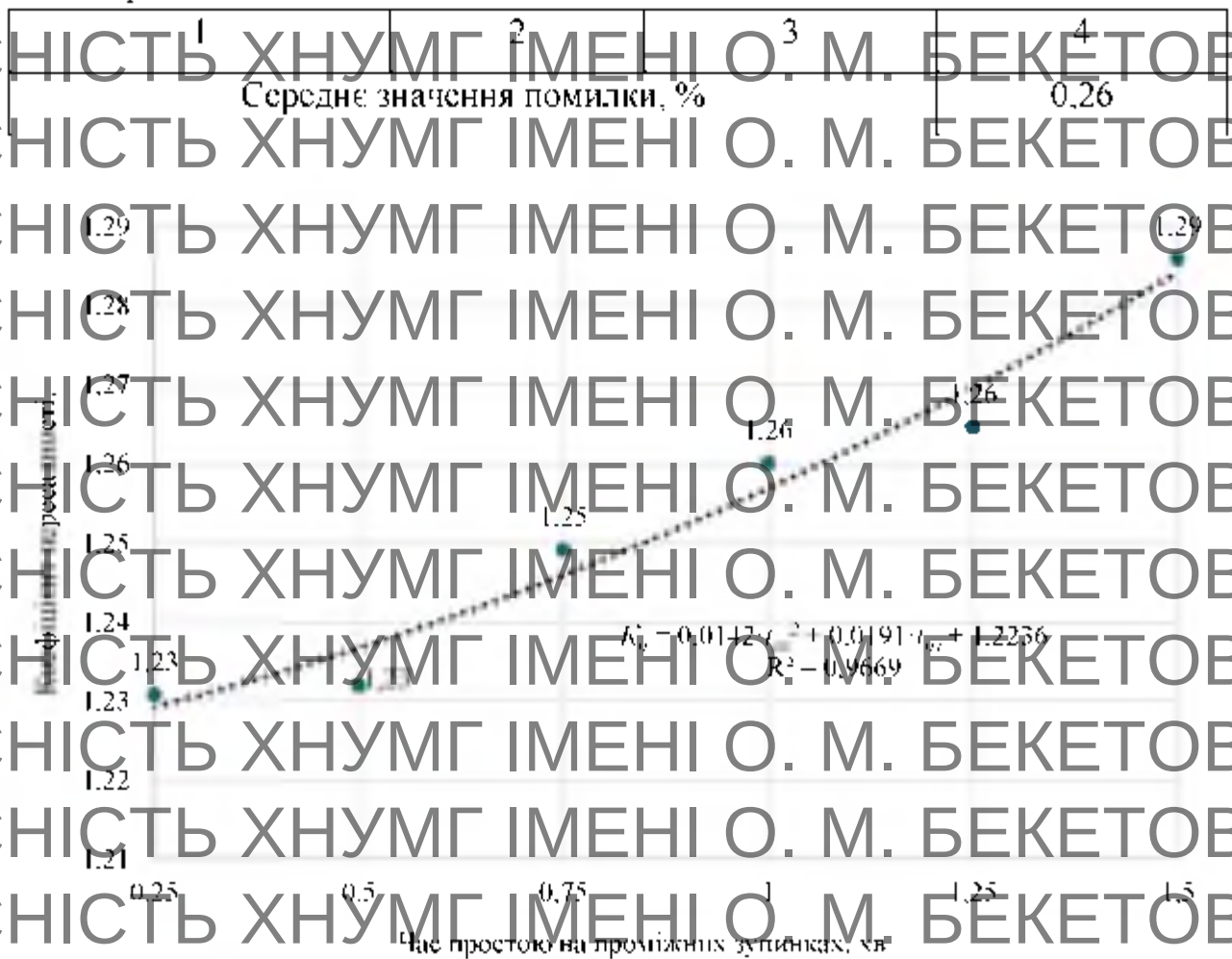


Рисунок 3.6 Тенденція зміни коефіцієнта пересадності

Тенденція зміни коефіцієнта пересадності в маршрутній системі (рис. 3.6) описується квадратичною поліноміальною залежністю. Значення коефіцієнта детермінації вказує на значний вклад часу простою на проміжних зупинках на значення коефіцієнта пересадності. Збільшення коефіцієнта пересадності, при збільшенні часу простою, пояснюється фактом, того, що пасажирів у зв'язку зі зростанням часу простою на проміжних зупинках, починають шукати для себе альтернативні маршрути для здійснення поїздки.

ВІСНОВКИ

В першому розділі роботи розглянуті початкові етапи моделювання системи перевезень пасажирів, виконаний аналіз основних етапів моделювання системи перевезень пасажирів. Важливим елементом моделювання є встановлення та формалізація меж системи, особливо важливим це є в разі обмежених можливостей програмного забезпечення для моделювання. Надана характеристика об'єкта дослідження, проаналізована існуюча маршрутна мережа, представлені маршрути в аналітичній формі, сформована топологічна схема маршрутної мережі з вершинами, розташованими в зоні значного пасажирообміну, досліджені перегони маршруту, визначені сумарні обсяги попиту на пересування маршрутами системи.

В другому розділі розглянутий ентропійний підхід до формування матриці кореспонденцій. Представлені етапи ентропійного підходу формування та балансування матриці кореспонденцій. Проведено дві ітерації балансування з визначенням калібрувальних коефіцієнтів та помилок відхилення обсягів відправлення і прибуття. Виконаний розподіл пасажиропотоків на маршрути об'єкта дослідження.

В третьому розділі проведено оцінку ефективності функціонування маршрутної системи перевезень пасажирів з урахуванням зміни часу простою пасажирських транспортних засобів на проміжних зупиночних пунктах маршрутів в діапазоні від 0,25 – 1,5 хв. Визначені тенденції зміни середнього часу поїздки в транспортному засобі, часу здійснення пересадки, часу сприйняття поїздки в транспортному засобі, швидкості сполучення, середньої довжини поїздки пасажирів та коефіцієнта пересадковості. Зазначені тенденції описуються поліноміальними рівняннями другого порядку. Для всіх рівнянь визначені коефіцієнти детермінації та помилки апроксимації. З урахуванням цього, встановлено, що отримані рівняння можуть бути використані для

визначення значень відповідних показників в зазначеному діапазоні зміни часу простою на проміжних зупинках. Подальшим напрямком дослідження може бути визначення раціональних діапазонів зміни часу простою на проміжних зупинках для забезпечення прийнятних результатів функціонування маршрутної системи об'єкта дослідження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Wang, Y., Xiang, P., Ge, Y., Yang, S., Liu, X., & Qian, Y. (2026). Strategies for improving the interconnection performance of regional transport infrastructure. *Humanities and Social Sciences Communications*.
2. Alberti, J., Roca, M., Brodhag, C., & Fullana-i-Palmer, P. (2019). Allocation and system boundary in life cycle assessments of cities. *Habitat international*, 83, 41–54.
3. Cascetta, E. (2001). Transportation systems. In *Transportation systems engineering: Theory and methods* (pp. 1–22). Boston, MA: Springer US.
4. Burian, J., Pászto, V., & Langrová, B. (2014). Possibilities of the definition of city boundaries in GIS—the case study of a medium-sized city. *14th SCIEM Geot conference on informatics, geoinformatics and remote sensing*, 3, 777–784.
5. Škorupa, M., Bulková, Z., Gašparík, J., & Kendra, M. (2024). Methodology for designing a system of Public Passenger transport in a functional region. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 52(1), 24–32.
6. Enoch, M. P., Cross, R., Potter, N., Davidson, C., Taylor, S., Brown, R., ... & Potter, S. (2020). Future local passenger transport system scenarios and implications for policy and practice. *Transport policy*, 90, 52–67.
7. Sivilevičius, H. (2011). Modelling the interaction of transport system elements. *Transport*, 26(1), 20–34.
8. Bast, H., Delling, D., Goldberg, A., Müller-Hannemann, M., Pajor, T., Sanders, R., ... & Werneck, R. F. (2016). Route planning in transportation networks. In *Algorithm engineering: Selected results and surveys* (pp. 19–80). Cham: Springer International Publishing.
9. Owais, M. (2026). Transit network design problem: A half century of methodological research. *Innovative Infrastructure Solutions*, 11(1), 3.

10. Mohajemee, R., & Gholami, A. (2026). Public Transit Origin-Destination Matrix Determination Using Historical Tracking of Automated Databases. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 152(1), 05025007.
11. Dai, Z., Li, D., Rasouli, S., Feng, Y., Li, H., Zou, J., & Zhang, R. (2026). Passenger flow distribution forecasting at integrated transport hub via group evolution mechanism and multimodal data. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3(1), 6.
12. Banach, M., & Dlugosz, R. (2026). Solutions for planning smart hybrid public transportation system based on Google Maps and Voronoi diagrams. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 472, 116775.

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
 ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Матриця довжин поїздки між транспортними районами

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	0,00	1,41	2,99	3,51	4,75	5,50	6,68	7,77	8,87	9,98	10,87	11,98	12,98	13,98	14,98	15,98	16,98	17,98	18,98	19,98	20,98	21,98	22,98	23,98	24,98	25,98	26,98	27,98	28,98	29,98	30,98
2	1,34	0,00	1,58	2,94	3,14	3,38	3,74	4,15	4,59	4,98	5,37	5,76	6,15	6,54	6,93	7,32	7,71	8,10	8,49	8,88	9,27	9,66	10,05	10,44	10,83	11,22	11,61	12,00	12,39	12,78	13,17
3	2,89	1,55	0,00	3,40	1,55	2,89	1,87	2,89	3,79	2,97	3,78	4,73	3,91	2,77	3,54	4,55	3,94	3,56	4,99	3,77	4,77	5,72	4,73	3,73	4,91	3,77	2,79	3,79	4,79	5,79	6,79
4	3,56	2,91	1,07	0,00	2,47	1,37	2,09	2,45	1,97	2,47	3,77	4,98	3,92	2,86	3,81	4,72	4,99	3,67	4,97	5,77	6,77	7,77	8,77	9,77	10,77	11,77	12,77	13,77	14,77	15,77	16,77
5	4,18	3,16	1,89	1,16	0,00	0,78	1,96	1,83	3,13	2,66	2,97	3,97	1,87	0,56	2,92	4,96	3,23	3,88	4,97	5,97	6,97	7,97	8,97	9,97	10,97	11,97	12,97	13,97	14,97	15,97	16,97
6	4,15	3,17	1,28	1,18	0,00	0,99	1,98	1,45	3,97	2,89	1,87	2,81	2,98	1,98	0,98	3,98	4,98	3,98	4,98	5,98	6,98	7,98	8,98	9,98	10,98	11,98	12,98	13,98	14,98	15,98	16,98
7	4,23	2,82	1,66	2,09	1,12	0,00	0,99	3,77	1,71	2,60	1,87	1,33	2,83	3,97	0,12	4,97	3,72	4,72	5,72	6,72	7,72	8,72	9,72	10,72	11,72	12,72	13,72	14,72	15,72	16,72	17,72
8	2,74	1,58	2,09	2,96	1,81	0,96	0,67	0,90	0,92	0,82	0,78	1,77	3,96	2,90	2,94	3,84	4,93	3,93	4,99	4,19	3,47	2,74	0,93	0,26	0,68	3,92	5,92	7,92	9,92	11,92	13,92
9	1,79	0,48	2,09	3,09	2,48	1,97	1,69	1,87	1,97	1,97	1,79	2,99	4,97	3,99	3,94	4,89	5,94	6,94	7,94	8,94	9,94	10,94	11,94	12,94	13,94	14,94	15,94	16,94	17,94	18,94	19,94
10	2,59	1,72	2,93	4,47	3,96	2,81	2,37	1,87	1,72	0,00	0,59	2,94	3,33	3,37	3,93	4,97	5,97	6,97	7,97	8,97	9,97	10,97	11,97	12,97	13,97	14,97	15,97	16,97	17,97	18,97	19,97
11	3,93	2,27	2,83	3,89	2,99	1,82	1,89	1,99	1,82	1,00	0,90	1,98	2,78	3,11	1,89	3,93	4,11	4,75	5,61	6,39	7,19	7,99	8,79	9,59	10,39	11,19	11,99	12,79	13,59	14,39	15,19
12	4,64	3,78	4,89	5,43	3,76	2,94	2,96	1,90	2,83	1,03	1,97	3,97	4,97	5,11	3,77	4,67	5,11	5,77	6,23	6,91	7,59	8,27	8,95	9,63	10,31	10,99	11,67	12,35	13,03	13,71	14,39
13	5,18	4,57	6,06	6,19	1,96	3,12	3,37	3,18	3,17	2,37	2,29	1,28	3,97	4,97	5,33	1,97	2,60	3,99	4,16	2,97	1,78	3,49	4,61	5,98	6,12	6,65	6,92	6,79	7,14	7,47	7,80
14	5,12	5,36	5,71	7,34	3,92	3,93	3,96	3,78	3,91	3,96	4,96	4,98	1,84	4,99	4,71	2,99	4,77	6,99	5,29	2,97	3,44	5,94	12,48	11,88	11,28	10,68	10,08	9,48	8,88	8,28	7,68
15	5,47	5,17	8,29	8,90	8,70	0,71	0,46	3,73	0,96	3,93	4,34	3,83	2,55	0,73	3,97	5,47	5,29	7,49	6,78	3,73	3,16	7,37	0,22	15,36	14,76	14,16	13,56	12,96	12,36	11,76	11,16
16	6,77	5,41	7,01	7,13	5,75	2,03	4,79	4,05	4,98	4,74	7,94	5,12	3,42	2,99	7,99	6,99	4,16	1,69	3,03	2,23	5,93	4,99	4,77	41,82	41,16	40,50	39,84	39,18	38,52	37,86	37,20
17	4,56	5,99	8,79	5,17	3,89	0,97	2,97	3,97	3,94	3,22	4,97	3,21	1,99	4,33	3,21	1,99	4,97	6,99	4,98	4,97	5,97	6,97	7,97	8,97	9,97	10,97	11,97	12,97	13,97	14,97	15,97
18	5,45	5,08	5,69	6,90	5,84	0,74	0,49	3,70	3,93	3,87	4,3	3,8	2,51	0,73	3,97	1,97	0,88	0,90	1,98	2,29	3,99	4,99	5,99	6,99	7,99	8,99	9,99	10,99	11,99	12,99	13,99
19	5,75	5,18	9,99	10,97	11,77	8,94	7,77	7,97	7,93	7,11	6,19	5,17	3,81	3,23	3,97	2,97	1,83	1,39	0,99	7,59	8,59	9,59	10,59	11,59	12,59	13,59	14,59	15,59	16,59	17,59	18,59
20	6,11	5,76	6,28	6,19	5,18	2,38	3,17	3,18	3,21	3,87	3,99	2,17	1,28	3,99	3,82	2,37	1,72	0,24	0,69	3,99	4,99	5,99	6,99	7,99	8,99	9,99	10,99	11,99	12,99	13,99	14,99
21	5,29	7,05	8,37	8,94	8,90	0,67	0,43	3,99	3,78	3,77	4,76	3,75	2,53	3,97	5,47	5,77	5,69	7,57	6,98	1,78	0,99	3,14	7,03	15,78	15,19	14,59	13,99	13,39	12,79	12,19	11,59
22	8,91	7,99	9,12	9,19	8,92	1,22	0,93	6,23	7,03	6,82	5,79	4,77	3,98	4,99	5,98	4,99	4,13	6,97	9,97	0,97	0,99	0,98	3,78	14,57	13,97	13,37	12,77	12,17	11,57	10,97	10,37
23	9,87	8,57	11,19	10,21	9,18	8,13	7,37	7,18	8,97	7,20	6,37	5,37	3,83	5,63	6,77	5,10	7,19	8,88	10,27	2,93	1,78	0,16	0,09	13,88	13,19	12,48	11,78	11,08	10,38	9,68	8,98
24	5,77	7,48	5,99	4,78	4,79	3,54	3,79	3,77	3,88	3,96	3,19	2,23	1,63	1,99	1,99	1,23	1,99	4,46	5,76	2,76	1,47	3,92	15,33	14,63	13,93	13,23	12,53	11,83	11,13	10,43	9,73
25	8,19	6,83	5,31	4,17	3,72	2,97	3,16	3,10	3,1	3,09	2,52	3,34	2,73	2,14	1,59	1,73	1,20	3,39	15,96	1,79	13,42	12,81	12,20	11,59	10,99	10,39	9,79	9,19	8,59	7,99	7,39
26	6,99	5,78	4,29	3,16	2,81	3,84	4,97	4,97	5,21	5,00	4,48	3,98	3,55	2,97	1,51	1,97	1,72	2,93	14,63	11,99	12,48	11,87	11,26	10,65	10,05	9,44	8,84	8,24	7,64	7,04	6,44
27	7,86	6,47	4,97	3,83	3,37	4,99	4,97	4,97	5,97	5,76	7,97	5,60	4,93	1,97	1,99	1,97	1,99	13,99	14,99	10,99	13,97	13,19	12,49	11,79	11,09	10,39	9,69	8,99	8,29	7,59	6,89
28	5,23	5,09	2,36	1,22	0,77	1,97	1,88	2,98	4,34	4,36	3,72	4,80	6,03	7,96	8,30	8,19	8,99	10,63	12,91	7,77	6,36	11,37	10,78	10,18	9,58	8,98	8,38	7,78	7,18	6,58	
29	5,71	6,4	2,88	1,77	1,26	2,96	2,97	3,00	4,97	5,99	4,98	5,99	6,97	8,96	9,98	9,89	10,28	11,28	12,28	8,97	10,97	12,36	11,76	11,16	10,56	9,96	9,36	8,76	8,16	7,56	6,96
30	6,33	6,96	3,44	2,33	1,83	3,78	3,79	3,83	5,44	6,46	5,45	6,46	7,47	8,47	9,47	10,47	11,47	12,47	13,47	9,79	11,79	13,18	12,58	11,98	11,38	10,78	10,18	9,58	8,98	8,38	7,78

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.2 – Формування матриці функції опору $\exp(-\beta \sigma_{ij})$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	0.00	0.86	0.72	0.65	0.61	0.62	0.62	0.71	0.81	0.71	0.67	0.60	0.52	0.42	0.39	0.38	0.42	0.40	0.33	0.28	0.40	0.32	0.36	0.38	0.41	0.43	0.42	0.56	0.53	0.50
2	0.86	0.00	0.81	0.76	0.71	0.69	0.72	0.86	0.95	0.87	0.78	0.70	0.61	0.50	0.46	0.56	0.49	0.46	0.40	0.51	0.47	0.37	0.42	0.45	0.48	0.53	0.49	0.66	0.62	0.59
3	0.72	0.81	0.00	0.90	0.84	0.79	0.81	0.74	0.80	0.73	0.66	0.58	0.52	0.43	0.39	0.47	0.42	0.39	0.34	0.46	0.39	0.31	0.35	0.58	0.57	0.63	0.58	0.78	0.74	0.70
4	0.65	0.75	0.89	0.00	0.95	0.82	0.80	0.72	0.71	0.61	0.66	0.58	0.52	0.42	0.38	0.43	0.37	0.35	0.30	0.45	0.39	0.31	0.35	0.60	0.64	0.71	0.66	0.88	0.84	0.79
5	0.61	0.71	0.81	0.93	0.00	0.92	0.89	0.82	0.88	0.67	0.75	0.67	0.58	0.47	0.42	0.48	0.39	0.35	0.30	0.52	0.45	0.36	0.40	0.66	0.67	0.74	0.69	0.93	0.88	0.83
6	0.61	0.71	0.76	0.82	0.91	0.00	0.97	0.89	0.80	0.73	0.82	0.69	0.62	0.52	0.48	0.58	0.52	0.48	0.42	0.56	0.49	0.39	0.44	0.55	0.59	0.63	0.59	0.83	0.78	0.72
7	0.63	0.73	0.83	0.79	0.88	0.97	0.00	0.92	0.83	0.75	0.84	0.76	0.66	0.54	0.49	0.60	0.53	0.50	0.43	0.58	0.50	0.40	0.45	0.54	0.58	0.62	0.58	0.81	0.76	0.71
8	0.71	0.86	0.72	0.72	0.82	0.90	0.93	0.00	0.90	0.82	0.92	0.82	0.71	0.58	0.54	0.66	0.58	0.51	0.47	0.63	0.55	0.45	0.49	0.61	0.68	0.69	0.51	0.73	0.68	0.63
9	0.82	0.95	0.80	0.72	0.68	0.81	0.83	0.91	0.00	0.82	0.82	0.74	0.64	0.52	0.48	0.59	0.52	0.49	0.42	0.57	0.49	0.39	0.44	0.42	0.45	0.50	0.47	0.63	0.59	0.56
10	0.75	0.87	0.72	0.62	0.67	0.73	0.76	0.82	0.83	0.00	0.90	0.80	0.69	0.57	0.52	0.63	0.56	0.52	0.45	0.62	0.54	0.42	0.48	0.46	0.42	0.47	0.43	0.59	0.56	0.52
11	0.67	0.78	0.66	0.55	0.74	0.82	0.84	0.91	0.82	0.89	0.00	0.90	0.78	0.64	0.59	0.71	0.63	0.59	0.51	0.69	0.60	0.47	0.53	0.41	0.45	0.53	0.49	0.60	0.63	0.59
12	0.60	0.70	0.59	0.57	0.66	0.73	0.75	0.81	0.73	0.80	0.89	0.00	0.87	0.71	0.65	0.80	0.71	0.66	0.57	0.77	0.67	0.53	0.59	0.46	0.39	0.47	0.44	0.59	0.55	0.52
13	0.52	0.60	0.51	0.51	0.58	0.64	0.65	0.70	0.64	0.69	0.78	0.89	0.00	0.82	0.73	0.69	0.80	0.75	0.65	0.88	0.79	0.60	0.68	0.53	0.43	0.40	0.39	0.52	0.49	0.46
14	0.43	0.50	0.43	0.42	0.47	0.52	0.54	0.58	0.52	0.57	0.64	0.71	0.82	0.00	0.92	0.74	0.60	0.47	0.41	0.72	0.63	0.49	0.56	0.25	0.27	0.33	0.31	0.42	0.40	0.37
15	0.39	0.46	0.39	0.38	0.41	0.48	0.49	0.53	0.48	0.52	0.59	0.66	0.76	0.92	0.00	0.69	0.54	0.43	0.37	0.66	0.57	0.45	0.50	0.24	0.24	0.29	0.28	0.37	0.35	0.32
16	0.47	0.55	0.46	0.43	0.48	0.55	0.59	0.64	0.58	0.63	0.71	0.79	0.89	0.73	0.97	0.00	0.80	0.83	0.71	0.78	0.69	0.58	0.56	0.27	0.29	0.34	0.31	0.42	0.40	0.38
17	0.42	0.49	0.41	0.37	0.38	0.51	0.52	0.57	0.51	0.56	0.63	0.70	0.81	0.62	0.56	0.89	0.00	0.91	0.81	0.61	0.53	0.42	0.47	0.23	0.23	0.26	0.24	0.34	0.32	0.29
18	0.39	0.46	0.38	0.25	0.34	0.48	0.49	0.53	0.48	0.53	0.59	0.66	0.76	0.47	0.41	0.83	0.94	0.00	0.86	0.51	0.44	0.35	0.39	0.20	0.22	0.24	0.23	0.30	0.29	0.27
19	0.34	0.40	0.33	0.30	0.29	0.41	0.42	0.46	0.42	0.46	0.51	0.57	0.66	0.40	0.37	0.72	0.81	0.87	0.00	0.44	0.38	0.30	0.34	0.18	0.19	0.21	0.19	0.26	0.25	0.23
20	0.46	0.53	0.45	0.44	0.49	0.58	0.57	0.62	0.56	0.61	0.68	0.76	0.87	0.71	0.66	0.77	0.66	0.59	0.43	0.00	0.87	0.60	0.57	0.28	0.28	0.32	0.30	0.43	0.39	0.36
21	0.40	0.46	0.39	0.37	0.41	0.48	0.49	0.54	0.48	0.53	0.59	0.66	0.76	0.62	0.57	0.66	0.52	0.44	0.38	0.87	0.00	0.79	0.80	0.25	0.24	0.27	0.25	0.36	0.33	0.30
22	0.37	0.43	0.37	0.35	0.39	0.45	0.46	0.51	0.46	0.50	0.56	0.62	0.71	0.58	0.54	0.62	0.49	0.41	0.35	0.82	0.79	0.00	0.84	0.21	0.23	0.26	0.24	0.33	0.31	0.29
23	0.31	0.39	0.33	0.32	0.35	0.41	0.42	0.45	0.41	0.45	0.50	0.56	0.66	0.51	0.50	0.57	0.44	0.38	0.32	0.72	0.82	0.95	0.00	0.18	0.19	0.21	0.20	0.28	0.26	0.24
24	0.38	0.44	0.52	0.59	0.62	0.54	0.53	0.42	0.42	0.38	0.41	0.36	0.32	0.27	0.24	0.26	0.25	0.21	0.18	0.25	0.21	0.17	0.19	0.00	0.94	0.83	0.77	0.68	0.72	0.77
25	0.41	0.47	0.56	0.63	0.66	0.58	0.57	0.46	0.45	0.41	0.44	0.39	0.34	0.28	0.25	0.28	0.23	0.22	0.19	0.26	0.25	0.19	0.20	0.94	0.00	0.88	0.82	0.72	0.76	0.81
26	0.46	0.53	0.61	0.71	0.75	0.69	0.64	0.51	0.51	0.46	0.49	0.43	0.38	0.31	0.27	0.31	0.26	0.25	0.21	0.30	0.26	0.21	0.23	0.86	0.75	0.60	0.93	0.82	0.86	0.92
27	0.42	0.49	0.58	0.66	0.69	0.60	0.58	0.46	0.46	0.43	0.44	0.39	0.34	0.28	0.25	0.28	0.24	0.23	0.20	0.27	0.23	0.19	0.21	0.74	0.79	0.92	0.00	0.75	0.79	0.85
28	0.56	0.65	0.77	0.87	0.92	0.83	0.81	0.72	0.62	0.59	0.66	0.59	0.51	0.42	0.39	0.41	0.35	0.31	0.27	0.43	0.35	0.29	0.44	0.68	0.72	0.80	0.74	0.00	0.95	0.89
29	0.53	0.62	0.73	0.83	0.87	0.77	0.76	0.61	0.59	0.55	0.60	0.53	0.48	0.39	0.33	0.38	0.32	0.29	0.25	0.38	0.31	0.26	0.28	0.71	0.76	0.84	0.78	0.95	0.00	0.94
30	0.50	0.58	0.68	0.78	0.82	0.72	0.70	0.58	0.55	0.51	0.55	0.49	0.43	0.36	0.31	0.35	0.30	0.27	0.24	0.34	0.28	0.23	0.25	0.50	0.87	0.80	0.83	0.85	0.94	0.00

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.3 – Матриця кореспонденцій на першій ітерації

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Σ
1	0	248	23	89	4	6	5	84	22	5	27	4	15	7	14	2	8	11	6	14	1	7	3	78	22	19	14	39	14	18	1711
2	48	0	29	1151	4	8	4	107	28	6	34	5	20	9	180	3	10	14	7	18	14	10	1	49	28	13	17	50	17	23	1910
3	4	20	0	103	0	1	15	7	2	0	2	0	1	1	12	0	1	1	0	1	1	1	0	4	3	1	2	4	2	2	175
4	293	1915	245	0	4	14	40	725	172	33	294	32	13	64	1201	15	62	85	44	125	92	64	28	33	302	130	138	341	188	245	7855
5	1	9	1	59	0	0	6	4	1	0	1	0	1	0	7	0	0	0	0	1	1	0	3	2	1	1	3	1	1	98	
6	3	19	2	109	0	0	1	10	2	0	3	0	2	1	10	0	1	1	2	1	0	5	3	1	5	5	2	2	2	195	
7	3	17	2	88	0	1	6	8	2	0	3	0	2	1	14	0	1	1	1	1	1	1	0	4	2	1	1	4	2	2	163
8	21	137	12	557	2	5	3	0	14	3	20	3	12	6	35	2	4	8	4	11	8	6	2	11	7	9	28	10	12	1053	
9	10	68	6	248	1	2	1	26	0	1	8	1	5	2	43	1	2	5	2	4	3	2	1	6	3	4	11	4	5	484	
10	11	75	7	256	1	2	1	28	7	0	11	1	6	3	56	1	3	4	3	6	4	3	1	12	7	3	4	12	4	5	536
11	28	181	16	54	4	7	4	83	18	4	0	4	18	9	170	2	10	13	7	17	13	9	1	33	19	9	15	37	13	17	1492
12	4	27	2	107	0	1	1	12	3	1	5	0	3	2	32	0	2	2	1	4	2	2	1	5	3	1	2	5	2	2	283
13	36	239	22	97	4	9	5	110	24	6	43	7	9	19	37	4	21	28	15	37	29	19	9	43	24	12	17	49	17	22	2218
14	27	179	17	729	3	7	0	82	18	0	32	5	30	0	115	0	10	16	8	28	21	15	6	82	18	9	13	46	13	16	1801
15	89	586	54	2323	9	12	12	268	58	14	104	18	99	30	6	13	47	53	27	91	69	47	21	100	57	29	40	113	39	51	4523
16	3	22	2	83	0	1	6	10	2	1	4	1	3	2	33	0	2	3	2	3	2	2	4	2	1	4	1	2	1	2	196
17	8	49	1	180	1	2	1	23	5	1	9	2	8	4	71	1	0	9	5	7	5	3	2	8	0	2	3	8	3	4	132
18	9	57	5	209	2	1	26	6	1	10	2	10	3	6	67	2	8	10	6	7	5	4	2	9	5	2	3	9	3	4	478
19	9	57	5	208	1	2	1	26	6	1	10	2	10	3	66	2	8	12	0	7	5	4	2	9	5	2	3	9	3	4	482
20	14	99	8	357	1	3	2	41	9	2	16	3	15	7	138	2	7	8	4	0	14	9	0	15	9	4	6	17	6	7	813
21	17	109	10	427	2	4	2	56	11	3	19	3	18	9	168	2	8	10	5	22	9	5	7	18	11	5	4	20	7	9	998
22	4	28	3	110	0	1	1	13	3	1	5	1	5	2	43	1	2	3	1	6	6	0	2	5	3	1	2	5	2	2	261
23	1	25	2	98	0	1	1	11	2	1	0	1	1	2	39	1	2	2	0	5	5	0	0	4	2	1	4	1	2	231	
24	24	154	20	1011	4	7	4	58	14	3	20	3	11	6	104	1	5	7	4	9	7	3	2	10	61	24	30	87	22	33	1609
25	21	135	17	877	3	6	3	52	12	3	17	2	10	5	90	1	4	6	3	8	6	4	2	94	6	20	26	50	19	29	1525
26	10	68	8	430	2	3	2	25	6	1	8	1	5	2	42	1	2	4	2	4	3	2	35	17	0	13	24	9	14	741	
27	8	54	7	351	1	2	1	20	5	1	7	1	4	2	34	0	2	2	1	4	2	2	1	28	16	8	0	20	8	11	602
28	13	85	11	550	2	4	2	37	8	2	12	3	7	4	59	0	3	4	2	6	4	3	1	31	18	8	0	11	14	921	
29	7	47	6	308	1	2	1	19	0	1	6	1	0	2	32	0	2	2	1	3	2	2	1	18	11	5	2	17	0	9	522
30	9	59	8	382	1	3	1	23	5	1	8	1	5	2	39	1	2	3	1	4	3	2	1	27	15	7	10	22	8	0	653
Σ	737	4758	554	12919	52	188	442	1988	469	100	682	106	467	248	1790	64	245	312	163	453	341	249	105	291	649	328	480	1203	431	567	

Таблиця А.4 – Матриця кореспонденцій на другій ітерації

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Σ
1	0	229	21	0	4	6	3	78	21	4	25	3	14	7	32	2	9	10	5	14	0	7	3	35	20	9	15	16	13	16	1662
2	42	0	25	1103	3	7	4	95	25	5	30	4	17	8	161	2	9	13	6	16	12	9	4	43	24	11	15	43	15	20	1771
3	3	18	0	10	0	1	0	6	2	0	2	0	1	1	11	0	1	0	1	1	1	0	4	2	1	2	4	1	2	166	
4	329	2140	273	0	46	63	45	817	194	38	265	36	154	73	1374	18	71	97	50	143	107	74	32	302	136	156	210	601	210	274	8838
5	1	8	1	58	0	0	0	4	1	0	1	0	1	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	1	1	3	1	1	94
6	3	18	2	198	0	0	0	9	2	0	3	0	2	1	15	0	1	1	1	2	1	1	5	3	1	2	5	2	2	190	
7	2	15	2	87	0	1	0	8	2	0	2	0	1	1	13	0	1	1	1	1	1	1	0	4	2	1	1	4	1	2	155
8	19	124	11	552	2	5	3	0	12	3	19	3	11	5	29	1	6	8	4	10	8	5	2	23	11	6	3	25	9	11	1006
9	10	63	0	251	1	2	1	24	0	1	8	1	4	2	41	1	2	3	2	4	3	2	1	10	0	3	3	10	5	5	473
10	11	70	6	261	1	3	1	26	6	0	10	1	6	3	53	1	3	4	2	5	4	3	1	11	6	3	4	11	4	5	524
11	26	160	15	536	4	6	4	77	17	4	0	4	17	8	104	2	9	12	6	16	12	8	4	3	18	9	15	34	12	15	1443
12	4	25	2	109	0	1	1	12	2	1	3	0	3	2	30	0	2	2	1	3	2	2	1	4	3	1	2	5	2	2	229
13	33	219	20	978	4	8	5	101	22	5	30	7	0	18	148	4	15	17	14	35	27	18	8	39	25	11	16	45	15	20	2128
14	25	163	15	726	3	6	3	75	16	4	29	5	08	0	357	4	16	15	4	20	16	14	6	29	17	8	12	33	11	15	1716
15	85	557	51	2415	8	21	12	257	56	14	101	17	96	68	0	13	46	52	27	89	67	46	20	95	54	37	39	107	37	48	4525
16	3	20	2	83	0	1	0	9	2	1	4	1	3	2	31	0	2	3	2	3	2	2	1	3	2	1	4	1	2	191	
17	7	46	4	181	1	2	1	21	5	1	8	1	8	1	67	1	0	0	4	6	5	3	1	7	4	2	3	7	3	3	417
18	8	53	5	217	2	1	1	24	5	1	10	2	9	3	68	1	1	0	6	6	5	3	1	8	3	2	3	8	3	4	401
19	8	53	5	212	1	2	1	24	5	1	10	2	9	3	63	1	1	11	6	6	5	3	1	8	3	2	3	8	3	4	466
20	13	82	8	359	1	3	2	38	8	2	15	3	14	7	130	2	6	8	4	6	13	9	4	14	8	4	5	16	5	7	790
21	15	101	9	43	2	4	2	46	10	3	18	3	17	8	159	2	8	9	5	21	0	14	6	17	10	5	18	6	8	963	
22	4	26	2	111	0	1	1	12	3	1	5	1	4	2	41	1	2	2	1	5	5	0	2	4	2	1	2	5	2	2	250
23	4	23	2	99	0	1	0	10	2	1	4	1	4	2	37	1	2	2	1	5	5	0	1	4	2	1	3	4	1	2	226
24	21	139	18	988	3	6	3	83	13	3	18	2	11	5	98	1	2	16	3	9	7	2	2	0	35	20	9	51	20	30	1620
25	19	122	16	863	3	5	3	47	11	2	16	2	9	4	83	1	4	5	3	8	6	4	2	84	0	18	24	45	17	26	1453
26	9	60	8	223	1	3	1	23	5	1	8	1	4	2	59	1	2	4	1	4	3	2	1	3	15	0	12	22	8	13	706
27	7	49	6	345	1	2	1	18	4	1	6	1	4	2	31	0	2	2	1	3	2	2	1	25	15	7	0	18	7	10	573
28	12	76	10	539	2	3	2	33	7	1	11	1	6	4	54	3	4	2	5	4	3	1	27	16	3	10	0	10	13	866	
29	7	42	5	302	1	2	1	18	4	1	6	1	3	2	29	0	1	2	1	3	2	1	1	17	10	4	0	16	0	8	696
30	8	53	7	374	1	2	1	21	5	1	7	1	4	2	36	0	2	2	1	3	3	2	1	24	14	6	9	19	8	0	617
Σ	738	4760	557	23922	52	188	102	1986	467	100	686	103	464	248	379	61	244	315	162	453	342	240	107	1206	690	328	151	1297	430	576	